

Analisa Perbandingan Efisiensi Dan Torsi Dengan Menggunakan Metode Penyadapan Sejajar Terhadap Metode Pergeseran Sikat Pada Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Kutub Bantu

R. Harahap, Sujianda Nofriadi

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
nofriadisujianda@gmail.com

Abstrak

Motor arus searah (motor DC) merupakan motor yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran. Dimana banyak industri menggunakan mesin ini. Dimana motor arus searah ini mempunyai masalah yang sering timbul yaitu busur api yang menurunkan efisiensi dan torsi motor arus searah. Hal ini muncul apabila mesin tidak digunakan sesuai prosedur yang ada atau gangguan dari dalam mesin arus searah tersebut. Ada 3 metode mengatasinya yaitu dengan metode menggeser sikat motor, menambahkan kutub bantu atau belitan kompensasi. Dalam penelitian ini ada cara lain yang digunakan yaitu metode penyadapan sejajar. Dimana penelitian yang telah dilakukan perbandingan efisiensi dan torsi yang dihasilkan menggunakan metode pergeseran sikat yang kemudian dibandingkan dengan metode penyadapan sejajar. Dengan melanjutkan penelitian ini maka dapat diperoleh metode yang efektif digunakan. Dari hasil penelitian, penggunaan metode pergeseran sikat mempunyai efisiensi tinggi 79,0% dibanding dengan metode penyadapan sejajar diperoleh efisiensi tinggi 91,8%. Akan tetapi dari torsi yang dihasilkan penggunaan metode pergeseran sikat menghasilkan nilai lebih tinggi yaitu 0,88 Nm dibandingkan dengan metode penyadapan sejajar yaitu 0,58 Nm. Dari grafik dan tabel diperoleh lebih stabil dan optimal menggunakan penyadapan sejajar dan penambahan kutub bantu jika memperhitungkan efisiensi dan torsi. Akan tetapi putaran motor arus searah menurun sangat cepat.

Kata Kunci : Motor Arus Searah, Penyadapan Sejajar, Efisiensi, Torsi

I. PENDAHULUAN

Motor arus searah adalah sebuah mesin arus searah yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor arus searah banyak digunakan khususnya di bagian industri yang membutuhkan torsi start yang besar dengan percepatan yang konstan dan memiliki efisiensi yang tinggi.

Motor arus searah disuplai oleh tegangan listrik arus searah. Sumber tegangan searah ini diberikan kepada kumparan jangkar dan kumparan medan dari motor tersebut. Ketika motor diberi beban timbul reaksi jangkar. Reaksi jangkar sangat mempengaruhi terhadap kinerja, efisiensi, dan torsi dari motor tersebut.

Untuk mengurangi reaksi jangkar ini, ada tiga cara yang dapat dilakukan yaitu pergeseran sikat, penambahan kutub bantu, dan belitan kompensasi. Akan tetapi ada cara lain yaitu dengan penyadapan sejajar.

Oleh karena itu pada skripsi ini akan dibahas perbandingan pengaruh pergeseran sikat terhadap penyadapan sejajar pada efisiensi dan torsi motor arus searah kompon pendek yang lebih efisien dan optimal. Dimana penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang membahas

tentang pergeseran sikat dan penambahan kutub oleh Yogi Christian Simarmata M.T yang menghasilkan efisiensi yang tidak stabil peningkatannya, dimana posisi sikat digeser bertahap dari posisi sikat -20° , -10° , 0° , 10° , 20° sampai posisi 30° akan tetapi dilihat dari torsi nya stabil. Dimana efisiensi yang diperoleh paling tinggi yaitu 79% dan torsi 0,58 Nm.

Dengan membandingkan dua metode yang akan dilakukan kita dapat melihat perbedaan dan pengaruh perubahan efisiensi dan torsi pada setiap metode yang dilakukan pada motor arus searah tersebut.

Maka dari hasil perbandingan ini kita akan dapat memilih metode yang menghasilkan efisiensi dan torsi motor arus searah yang lebih optimal dan baik digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Arus Searah

Motor arus searah adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik searah (DC, Direct Current). Motor arus searah berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran rotor. Pada prinsipnya operasi

motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah [1].

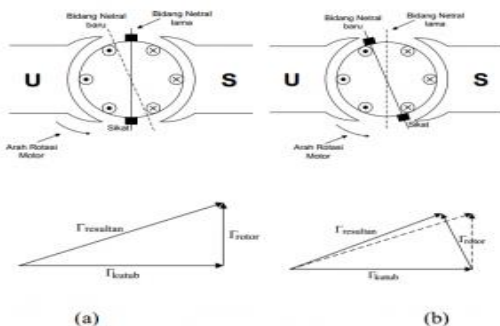
Motor arus searah mempunyai kelebihan dapat mempertahankan kecepatan putar motor terhadap beban yang tidak stabil. Dengan torsi start yang besar. Penggunaan motor ini sangat dipilih penggunaannya untuk industri di mana mempunyai efisiensi yang tinggi.

2.2 Reaksi Jangkar

Untuk mengatasi reaksi jangkar tersebut ada empat cara yang dapat dilakukan, diantaranya:

1. Pergeseran Sikat

Ide dasarnya adalah dengan memindahkan sikat seirama dengan perpindahan bidang netral untuk menghindari percikan bunga api yang timbul. Namun dalam penerapannya hal ini cukup sulit karena jarak perpindahan bidang netralnya sangat ditentukan oleh besarnya beban yang dipikul, maka jarak perpindahan bidang netralnya pun berpindah, sehingga sikat harus juga diubah setiap saat, seirama dengan perubahan jarak perpindahan bidang netral. Selain itu pergeseran sikat akan memperburuk melemahnya fluks akibat reaksi jangkar mesin, selain dengan metode ini mesin arus searah tidak dimungkinkan untuk bekerja sebagai generator (akan menimbulkan percikan api yang lebih besar), dan sangat tidak ekonomis terutama untuk mesin-mesin berukuran kecil. Adapun efek diperburuknya fluks akibat reaksi jangkar dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1 (a) diperlihatkan kondisi ketika bidang netral mesin bergeser (lihat gambar segitiga ggm-nya), sedangkan pada Gambar 1 (b) terlihat bidang netral yang bergeser disertai dengan bergesernya sikat mesin. Akibat pergeseran tersebut (lihat gambar segitiga ggm-nya), terlihat ggm resultannya melemah sedemikian rupa pada Gambar 1.

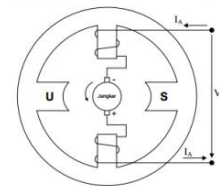


Gambar 1. Pelemahan GGM akibat pergeseran bidang netral

2. Penambahan Kutub Bantu

Penambahan kutub bantu (interpole) yaitu jika tegangan pada kawat-kawat yang sedang melakukan proses komutasi penyearahan dibuat nol, maka tidak akan terdapat percikan bunga api pada sikat-sikat mesin tersebut. Untuk itu, kutub-kutub kecil yang disebut kutub komutasi ditempatkan ditengah-tengah diantara kutub-kutub utama. Interpole ini dihubungkan seri terhadap kumparan rotor. Sehingga dengan adanya fluks dari interpole ini akan dapat mencegah/mengurangi adanya tegangan yang muncul pada kawat-kawat yang sedang melakukan proses komutasi.

Ketika beban yang dipikul mesin meningkat dan arus rotor pun meningkat, besarnya perubahan/pergeseran bidang netral meningkat pula. Hal tersebut akan menyebabkan timbulnya tegangan pada konduktor-konduktor yang sedang melakukan komutasi. Pada saat itu fluks interpole juga meningkat, menghasilkan tegangan pada konduktor-konduktor tersebut dan berlawanan dengan tegangan yang timbul akibat pergeseran bidang netral. Motor arus searah yang dilengkapi dengan kutub bantu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Motor arus searah yang dilengkapi dengan kutub bantu

3. Belitan Kompensasi

Belitan kompensasi ini dihubungkan seri terhadap kumparan, rotor belitan ini bertujuan untuk mengurangi penyimpangan yang timbul akibat reaksi jangkar. Fluks yang ditimbulkan oleh reaksi jangkar diimbangi oleh fluks yang ditimbulkan oleh belitan kompensasi yang besarnya sama dan berlawanan. Ketika beban berubah, maka reaksi jangkar yang berubah akan selalu diimbangi oleh fluks belitan kompensasi, sehingga bidang netralnya tidak bergeser.

Teknik ini memiliki kelemahan karena mahal harganya, dan juga masih memerlukan *interpole* untuk mengatasi tegangan yang tidak dapat diatasi oleh belitan kompensasi. Karenanya teknik ini digunakan untuk motor-motor yang bekerja ekstra berat, dimana pelemahan fluks akan menjadi masalah yang serius.

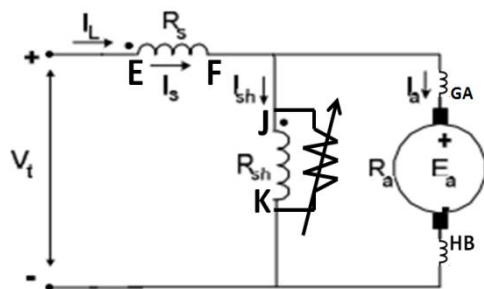
4. Penyesuaian Sejajar

Timbulnya arus pusar dalam sistem magnet utama mesin arus searah dapat menghambat perubahan tajam induksi yang terdapat di dalamnya.

Hal ini juga berlaku dalam sistem magnet kutub bantu yang terdapat perubahan cepat arus gaya magnet yang muncul dalam bagian ini perubahan arus jangkar yang meningkat tajam.

Untuk mengatasi kekurangan ini, perlu ditempatkan penyadapan sejajar dalam rangkaian[3]. Di mana pada rangkaian jangkarnya dipasang tahanan yang mampu mengurangi reaksi jangkar yang sewaktu-waktu bisa berubah atau menimbulkan bahaya pada motor arus searah tersebut.

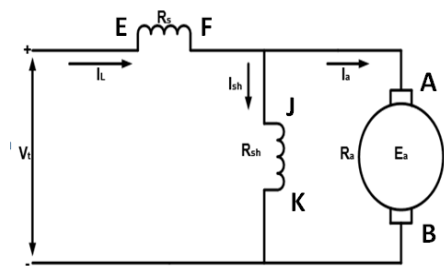
Gambar berikut rangkaian penyadapan sejajar yang dilakukan dengan adanya penambahan kutub atau interpole .Ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Penyadapan Sejajar pada Motor Arus Searah

2.3 Motor Arus Searah Kompon Pendek

Pada motor arus searah penguatan kompon pendek, kumparan medan serinya terhubung secara paralel terhadap kumparan jangkar dan kumparan medan shunt. Rangkaian ekuivalen motor arus searah penguatan kompon pendek dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian ekuivalen motor arus Searah penguatan kompon pendek

Persamaan umum motor arus searah penguatan kompon pendek:

$$I_L = I_a + I_{sh} \quad (1)$$

$$V_t = E_a + I_a R_a + I_L R_s \quad (2)$$

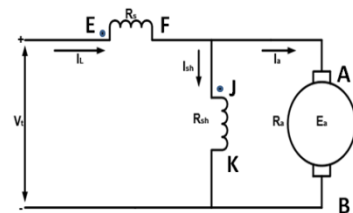
$$P_{in} = V_t I_L \quad (3)$$

Motor arus searah kompon pendek ada yang kumulatif dan ada yang differensial Pada motor arus searah penguatan kompon pendek kumulatif, polaritas kedua kumparan medannya sama [5]. Hal ini disebabkan karena kedua arus medannya sama-sama memasuki dot. Maka sesuai dengan aturan

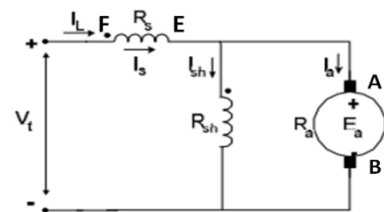
dot, fluksi yang dihasilkan menjadi saling menguatkan.

Sedangkan pada motor arus searah penguatan kompon pendek differensial, polaritas kedua kumparan medannya saling berlawanan. Salah satu arus medannya memasuki dot sedangkan yang lainnya meninggalkan dot sehingga fluksi yang dihasilkannya menjadi saling mengurangi.

Rangkaian ekuivalen motor arus searah penguatan kompon pendek kumulatif dan motor arus searah penguatan kompon pendek differensial ditunjukkan oleh Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Rangkaian Ekuivalen Motor Arus Searah Penguatan Kompon Pendek Kumulatif



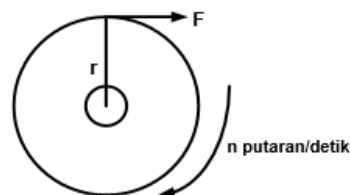
Gambar 6. Rangkaian Ekuivalen Motor Arus Searah Penguatan Kompon Pendek Differensial

2.4 Torsi Motor Arus Searah

Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Torsi diukur dengan hasil kali gaya dengan jari-jari lingkaran dimana gaya tersebut bekerja. Gambar 10 menunjukkan pada suatu roda dengan jari-jari r bekerja suatu gaya F Newton yang menyebabkan benda berputar dengan kecepatan n putaran per detik [3].

$$\text{Torsi} = F \times r \text{ Newton-meter (Nm)} \quad (4)$$

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada suatu putaran adalah $= F \times 2 \pi r$ Joule. Terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Suatu roda yang berputar karena mengalami suatu gaya

Daya yang dibangkitkan:

$$P = F \times 2 \pi r \times n \text{ Joule/detik} \quad (5)$$

$$P = (F \times r) \times 2 \pi n \text{ Joule/detik} \quad (6)$$

Jika:

$$\text{Kecepatan sudut } \omega = 2 \pi n \quad (7)$$

$$\text{Torsi } T = F \times r \quad (8)$$

Makadaya yang dibangkitkan:

$$P = T \times \omega \text{ Joule/detik} \quad (9)$$

$$P = T \times \omega \text{ Watt} \quad (10)$$

2.5 Efisiensi Motor Arus Searah

Seperti halnya dengan motor listrik lainnya, pada motor listrik arus searah, Efisiensinya dinyatakan sebagai berikut:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (11)$$

Dimana:

P_{in} = daya masukan

P_{out} = daya keluaran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor yang digunakan pada pengujian ini adalah motor DC AEG tipe Gd 110/110 G-Mot Nr. 7983745 dengan spesifikasi yaitu:

$P = 1,2 \text{ kWatt}$

Jumlah Kutub = 2

Kelas Isolasi = B

Tahanan Medan Shunt (J-K) = $1,25 \text{ k}\Omega$

Tahanan Medan Seri (E-F) = $0,6 \Omega$

Tahanan Medan Jangkar (GA-HB) = $3,8 \Omega$

Tahanan geser = 0-100 Ω

Dari pengujian yang dilakukan, diperoleh data-data pada Tabel 1 dan 2 berikut ini:

Tabel 1. Data Pengujian Pergeseran Sikat Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Penambahan Kutub Bantu

Posisi Sikat	$I_L = I_s$ (A)	I_{sh} (A)	I_a (A)	n (rpm)	m (gram)
-30°	3,06	0,19	2,87	1510	200
-20°	2,84	0,18	2,66	1450	205
-10°	2,71	0,17	2,54	1300	210
0°	2,39	0,16	2,23	1150	215
10°	2,20	0,15	2,05	1050	220
20°	2,03	0,14	1,89	950	230
30°	1,97	0,13	1,84	850	250

Tabel 2. Data Pengujian Penyadapan Sejajar Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Penambahan Kutub Bantu

Nilai Tahanan	$I_L = I_s$ (Ampere)	I_{sh} (Ampere)	I_a (Ampere)	N (rpm)	M (gram)
20 Ω	1,24	0,086	1,050	840	30
40 Ω	0,95	0,067	0,75	650	40
60 Ω	0,75	0,040	0,56	590	45
80 Ω	0,66	0,028	0,53	520	50
100 Ω	0,63	0,027	0,45	480	60

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian, maka dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan efisiensi dan torsi yang dihasilkan motor arus searah kompon pendek yaitu sebagai berikut:

- Untuk pengujian pergeseran sikat motor arus searah kompon pendek dengan penambahan kutub bantu.

1. Posisi Sikat -30°

$$P_{in} = V_t \times I_L$$

$$= 50 \times 3,06$$

$$= 153 \text{ Watt}$$

$$T = F \times r$$

$$= (m \times g) \times r$$

$$= \frac{(200 \times 10) \times 0,35}{1000}$$

$$= 0,7 \text{ Nm}$$

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 1510}{60}$$

$$= 158,05 \text{ rad/detik}$$

$$P_{out} = T \times \omega$$

$$= 0,7 \times 158,05$$

$$= 110,63 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$= \frac{110,63}{153} \times 100 \%$$

$$= 72,3 \%$$

- Untuk pengujian penyadapan sejajar motor arus searah kompon pendek dengan penambahan kutub bantu.

Nilai Tahanan 20 Ω

- Daya input:

$$P_{in} = V_t \times I_L$$

$$P_{in} = 50 \times 1,24$$

$$P_{in} = 62 \text{ Watt}$$

- Rugi-rugiDaya

$$\text{Prugi-rugi} = (I_a)^2 \times (R_a + R_{kb}) + (I_{sh})^2 \times (R_{sh} + R_{ps})$$

$$\text{Prugi-rugi} = (1,24)^2 \times (3,8 + 0,2) + (0,086)^2 (1250 + 20)$$

$$\text{Prugi-rugi} = (1,5376) \times (4) + (0,007396) (1270)$$

$$\text{Prugi-rugi} = (6,1504 + 9,3929)$$

$$\text{Prugi-rugi} = 15,54 \text{ Watt}$$

- Daya Output

$$P_{out} = P_{in} - \text{Prugi-rugi}$$

$$P_{out} = 62 - 15,54332$$

$$P_{out} = 46,66 \text{ Watt}$$

- Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{46,46}{62} \times 100 \%$$

$$\eta = 74,9 \%$$

- Torsi

$$T_{sh} = 9,55 \times \frac{\text{Daya keluaran (watt)}}{n}$$

$$T_{sh} = 9,55 \times \frac{46,46}{840}$$

$$T_{sh} = 0,53 \text{ Nm}$$

Dengan melakukan cara perhitungan yang berbeda untuk posisi sudut sikat $-30^\circ, -20^\circ, -10^\circ, 0^\circ, +10^\circ, +20^\circ$, dan $+30^\circ$ dengan penambahan kutub bantu terhadap penyadapan sejajar menggunakan penambahan kutub bantu maka diperoleh efisiensi dan torsi yang dihasilkan motor arus searah kompon pendek yang telah dilakukan pengujian. Berikut hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, terlihat pada Tabel 3 dan 4.

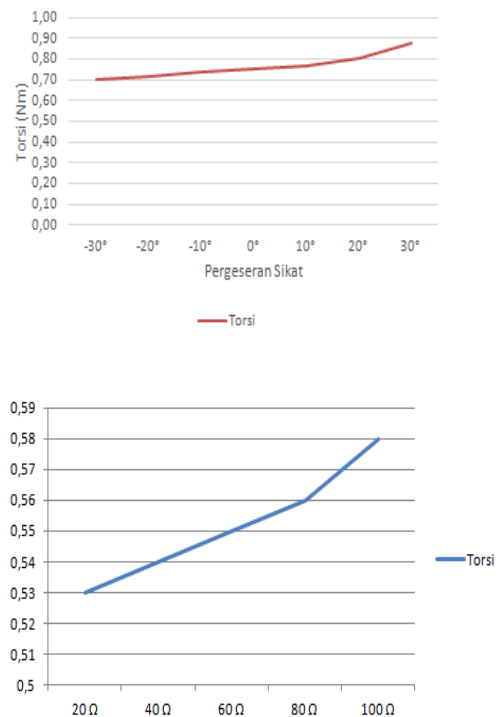
Tabel 3. Hasil perhitunganEfisiensi

PERGESERAN SIKAT	EFISIENSI	PENYADAPAN SEJAJAR	EFISIENSI
-30°	72,3%	20 Ω	74,9%
-20°	76,7%	40 Ω	77,7%
-10°	73,8%	60 Ω	91,0%
0°	75,8%	80 Ω	91,6%
10°	76,9%	100 Ω	91,8%
20°	78,9%	-	-
30°	79,0%	-	-

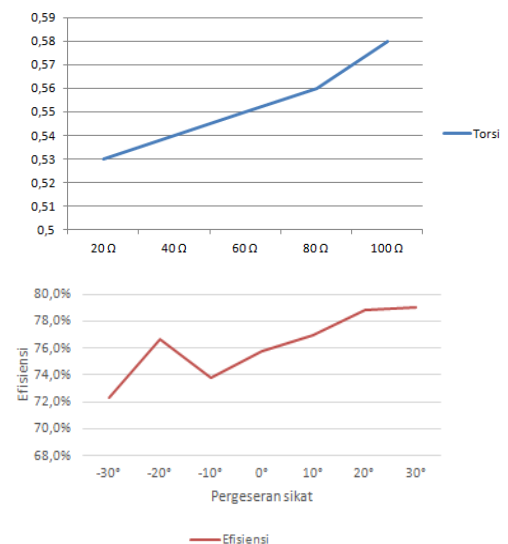
Tabel 4. Hasil perhitunganTorsi

PERGESERAN SIKAT	TORSI	PENYADAPAN SEJAJAR	TORSI
-30°	0,70	20 Ω	0,53
-20°	0,72	40 Ω	0,54
-10°	0,74	60 Ω	0,55
0°	0,75	80 Ω	0,56
10°	0,77	100 Ω	0,58
20°	0,81	-	-
30°	0,88	-	-

Dari Tabel sebelumnya, maka akan didapat grafik perbandingan efisiensi dan torsi motor arus searah kompon pendek pergeseran sikat penambahan kutub vs dengan penyadapan sejajar menggunakan penambahan kutub bantu ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik perbandingan efisiensi motor arus searah kompon pendek pergeseran sikat penambahan kutub terhadap penyadapan sejajar menggunakan penambahan kutub bantu



Gambar 9. Grafik perbandingan torsi motor arus searah kompon pendek pergeseran sikat penambahan kutub terhadap penyadapan sejajar menggunakan kutub bantu

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dibuat, adapun kesimpulan yang diperoleh oleh penulis pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada motor arus searah kompon pendek yang diuji dengan menggunakan penambahan kutub bantu. Efisiensi dan torsi tertinggi diperoleh pada posisi sikat $+30^0$ yaitu sebesar 79 % dan untuk torsi yaitu 0,88 Nm. Sedangkan pada motor arus searah kompon pendek yang diuji dengan melakukan penyadapan sejajar dan penambahan kutub bantu efisiensi diperoleh yaitu bias mencapai 91,8% dengan torsi 0,58 Nm.
2. Kekurangan yang terdapat pada metode penyadapan sejajar yaitu menurunnya putaran motor dengan sangat cepat.
3. Lebih stabil dan optimal menggunakan penyadapan sejajar dan penambahan kutub bantu jika memperhitungkan efisiensi dan torsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Lister, Eugene C., 1988, *Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- [2.] Sitompul, Rahim, Fuad S.T, 2014 *Analisa Perbandingan Efisiensi Motor DC Kompon Pendek Dengan Motor DC Kompon Panjang Akibat Penambahan Kutub*. Falkutas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [3.] Tampubolon, Trendy S.T., 2016, *Analisa Pagaruh Reaksi Jangkar Terhadap Kecepatan Dan Torsi Motor Arus Searah Shunt Dan Kompon*. Falkutas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [4.] Zuhail, 1995, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta
- [5.] R, W. Van Hoek, L Schelfunga, Bambang Warsito Kusumoyudi, 1980, *Teknik Elektro Untuk Ahli Bagian Mesin*, Bina Cipta, Bandung.

